

<sup>1</sup> AP20 Rec'd PCT/PTO 13 JUN 2006

## Rotor für eine Turbomaschine

Die Erfindung betrifft einen Rotor für eine Turbomaschine, insbesondere für eine Gasturbine, nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Nach dem Stand der Technik unterscheidet man prinzipiell zwei Arten von Rotoren für eine Turbomaschine, nämlich sogenannte integral beschaufelte Rotoren von solchen Rotoren, bei welchen die Laufschaufeln über Schaufelfüße in einen Rotorgrundkörper eingesetzt bzw. verankert sind.

Die integral beschaufelten Rotoren werden abhängig davon, ob ein scheibenförmiger oder ein ringförmiger Rotorgrundkörper vorliegt, entweder als BLISK (Bladed Disk) oder als BLING (Bladed Ring) bezeichnet. Bei solchen integral beschaufelten Rotoren sind die Laufschaufeln fest mit dem ringförmigen oder scheibenförmigen Rotorgrundkörper verbunden und demnach integraler Bestandteil des Rotorgrundkörpers. Die Herstellung solcher integral beschaufelten Rotoren ist aufwendig und kann zum Beispiel durch Fräsen aus dem Volen an einer 5-Achs-Fräsmaschine erfolgen. Nachteilig bei integral beschaufelten Rotoren in BLING-Bauweise oder BLISK-Bauweise ist die schlechte Reparaturmöglichkeit derselben.

Rotoren, bei welchen die Laufschaufeln über Schaufelfüße in den Rotorgrundkörper eingesetzt sind, sind zwar gegenüber integral beschaufelten Rotoren leichter herstellbar sowie leichter reparierbar, sie sind jedoch gegenüber integral beschaufelten Rotoren deutlich schwerer, da die Verbindung der Laufschaufeln mit dem Rotorgrundkörper über die Schaufelfüße durch Fliehkräfte stark beansprucht wird und daher konstruktiv sicher ausgeführt werden muss. Nach dem Stand der Technik wird bei einer Rotorkonstruktionen, bei welcher die Laufschaufeln über die Schaufelfüße im Rotorgrundkörper verankert werden, der Rotorgrundkörper scheibenförmig ausgeführt. Die scheibenförmige Ausführung des Rotorgrundkörpers sowie die Verbindung der Laufschaufeln mit dem Rotorgrundkörper über entsprechend dimensionierte Schaufelfüße resultiert in einem hohen Gewicht des Rotors, was einen Nachteil dieses Konstruktionsprinzips darstellt.

Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung das Problem zu Grunde, einen neuartigen Rotor für eine Turbomaschine, insbesondere für eine Gasturbine, vorzuschlagen.

Dieses Problem wird dadurch gelöst, dass der eingangs genannte Rotor durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Patentanspruchs 1 weitergebildet ist. Erfindungsgemäß ist der Rotorgrundkörper von mindestens einem ringförmigen Element aus einem Metallmatrix-Verbundwerkstoff (MMC-Werkstoff) gebildet, wobei die Laufschaufeln derart über Schaufelfüße mit dem Rotorgrundkörper verbunden sind, dass die Schaufelfüße in einem faserfreien Bereich des Rotorgrundkörpers positioniert sind.

Im Sinne der hier vorliegenden Erfindung wird ein Rotor für eine Turbomaschine vorgeschlagen, der einerseits ein bevorzugt geringes Gewicht aufweist und der andererseits gut hergestellt sowie repariert werden kann. So ist im Sinne der hier vorliegenden Erfindung der Rotorgrundkörper aus mindestens einem ringförmigen Element aus einem Metallmatrix-Verbundwerkstoff gebildet. Die Ausführung des Rotorgrundkörpers als mindestens ein ringförmiges Element sowie die Ausführung desselben in MMC-Technik, erlauben eine deutliche Gewichtsreduzierung gegenüber den aus dem Stand der Technik bekannten Rotoren. Weiterhin lassen sich bei der Reparatur des Rotors einzelne Laufschaufeln leicht austauschen.

Nach einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist der Rotorgrundkörper aus zwei ringförmigen Elementen aus einem Metallmatrix-Verbundwerkstoff (MMC-Werkstoff) gebildet, wobei am radial außenliegenden Ende zwischen den beiden ringförmigen Elementen die Laufschaufeln befestigt sind. Schaufelfüße der Laufschaufeln greifen in eine entsprechende Vertiefung bzw. Ausnehmung im Bereich der ringförmigen Elemente ein, und zwar zwischen faserverstärkten Bereichen der beiden ringförmigen Elemente. Jede der Laufschaufeln ist vorzugsweise mit jeweils einer Plattform zwischen radial außenliegenden, umlaufenden Vorsprüngen der beiden ringförmigen Elemente positioniert, wobei Enden der Plattformen an den umlaufenden Vorsprüngen anliegen.

Nach einer alternativen vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist der Rotorgrundkörper aus einem ringförmigen Element aus einem Metallmatrix-Verbundwerkstoff (MMC-Werkstoff) gebildet, wobei axial außenliegende Abschnitte des ringförmigen Elements faserverstärkt und ein dazwischenliegender Abschnitt faserfrei ausgebildet ist, und wobei die Schaufelfüße der Laufschaufeln im faserfreien Abschnitt befestigt sind. Vorzugsweise sind in den faserfreien Abschnitt des ringförmigen Elements in radialer Richtung verlaufende Bohrungen eingebracht, wobei jede Laufschaufel mit einem Schaufelfuß in einer Bohrung verankert ist.

Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung. Ausführungsbeispiele der Erfindung werden, ohne hierauf beschränkt zu sein, an Hand der Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigen:

- Fig. 1 einen Ausschnitt aus einem erfindungsgemäßen Rotor nach einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung in schematisierter, perspektivischer Seitenansicht;
- Fig. 2 ein vergrößertes Detail des Rotors gemäß Fig. 1;
- Fig. 3 den Rotor gemäß Fig. 1 in einer Explosionsdarstellung; und
- Fig. 4 ein Detail eines erfindungsgemäßen Rotors nach einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung in schematisierter, perspektivischer Seitenansicht.

Die hier vorliegende Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf Figuren 1 bis 4 in größerem Detail beschrieben.

Figuren 1 bis 3 zeigen einen erfindungsgemäßen Rotor 10 für eine Turbomaschine, insbesondere für eine Gasturbine, in unterschiedlichen Darstellungen. So zeigt Figur 1 einen Ausschnitt aus dem Rotor 10 in perspektivischer Seitenansicht, wobei Figur 1 in etwa einen 90°- Ausschnitt bzw. einen Viertelkreis-Ausschnitt aus dem an sich geschlossenen Rotor 10 zeigt. Figur 2 zeigt ein vergrößertes Detail des Rotors 10 im Bereich zweier Laufschaufeln, Figur 3 zeigt eine Explosionsdarstellung des Rotors 10. Der Rotor 10 findet bevorzugt Verwendung in einer Turbine oder einem Verdichter eines Flugtriebwerks.

Der Rotor 10 gemäß Figuren 1 bis 3 verfügt über einen Rotorgrundkörper 11 sowie mehrere über den Umfang des Rotorgrundkörpers 11 verteilt angeordnete Laufschaufeln 12. Es liegt nun im Sinne der hier vorliegenden Erfindung, dass der Rotorgrundkörper 11 von mindestens einem ringförmigen Element aus einem Metallmatrix-Verbundwerkstoff gebildet ist, und dass die Laufschaufeln 12 derart über Schaufelfüße mit dem Rotorgrundkörper verbunden sind, dass die Schaufelfüße in einem faserfreien Bereich des Rotorgrundkörpers 11 positioniert sind.

Im Ausführungsbeispiel der Figuren 1 bis 3 ist der Rotorgrundkörper 11 aus zwei ringförmigen Elementen 13 und 14 gebildet, wobei beide ringförmigen Elemente 13 und 14 aus einem Metallmatrix-Verbundwerkstoff gebildet sind. Dies kann insbesondere Figuren 2 und 3 entnommen werden, die schematisiert die in den Metallmatrix-Werkstoff der ringförmigen Elemente 13 und 14 integrierten, zugfesten Fasern 15 zeigen. Jedes der beiden ringförmigen Elemente 13 und 14 verfügt beim Ausführungsbeispiel der Figuren 1 bis 3 über einen entsprechenden Bereich 16 bzw. 17, in dem die zugfesten Fasern 15 verlaufen, der also faserverstärkt ausgebildet ist.

Die Laufschaufeln 12 sind am radial außenliegenden Ende des Rotorgrundkörpers 12 zwischen den beiden ringförmigen Elementen 13 und 14 befestigt, wobei jede der Laufschaufeln 12 mit einem Schaufelfuß 18 zwischen den faserverstärkten Bereichen 16 und 17 der beiden ringförmigen Elemente 13 und 14 positioniert ist. Wie insbesondere Figur 3 entnommen werden kann, ist in die beiden ringförmigen Elemente 13 und 14 jeweils eine Vertiefung bzw. Ausnehmung 19 eingebracht, in welche die Schaufelfüße 18 im zusammengebauten Zustand des Rotors 10 eingreifen. Die Innenkontur der Ausnehmungen 19 ist demnach an die Außenkontur der Schaufelfüße 18 angepasst.

Wie insbesondere Figur 2 entnommen werden kann, schließt sich an den Schaufelfuß 18 der Laufschaufeln 12 eine Plattform 20 der Laufschaufeln 12 an, wobei im montierten Zustand des Rotors 10 axial außenliegende Enden der Plattformen 20 an radial außenliegenden, umlaufenden Vorsprüngen 28 der beiden ringförmigen Elemente 13 und 14 anliegen. Die Plattformen 20 der Laufschaufeln 12 schließen demnach am radial außenliegenden Ende der ringförmigen Elemente 13 und 14 bündig mit den Vorsprüngen 28 der ringförmigen

gen Elemente 13 und 14 ab. Ausgehend von den Plattformen 20 erstrecken sich Schaufelblätter 21 der Laufschaufeln 12 radial nach außen.

Die beiden ringförmigen Elemente 13 und 14 des Rotorgrundkörpers 11 sind an radial innenliegenden Abschnitten 22 bzw. 23 miteinander verbunden. Die radial innenliegenden Abschnitte 22 und 23, an welchen die ringförmigen Elemente 13 und 14 miteinander verbunden sind, sind faserfrei ausgeführt. In diese radial innenliegenden Abschnitte 22 und 23 sind über den Umfang verteilt mehrere Bohrungen 24 eingebracht. In diese Bohrungen 24 greifen zur lösbaren Verbindung der beiden ringförmigen Elemente 13 und 14 bolzenartige Schraubverbinder 25 ein. Über die Schraubverbinder 25 werden demnach die beiden ringförmigen Elemente 13 und 14 des Rotorgrundkörpers 11 sicher zusammengehalten und die Laufschaufeln 12 werden über ihre Schaufelfüße 18 in den entsprechenden Ausnehmungen 19 der ringförmigen Elemente 13 und 14 sicher fixiert. Das Ausführungsbeispiel der Figuren 1 bis 3 zeigt eine konstruktiv besonders einfache Ausführung des erfindungsgemäßen Rotors.

Figur 4 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Rotors 26. Auch der Rotor 26 des Ausführungsbeispiels der Figur 4 verfügt über einen Rotorgrundkörper 27, sowie mehrere über den Umfang des Rotorgrundkörpers 27 verteilt angeordnete Laufschaufeln 28. Im Ausführungsbeispiel der Figur 4 wird der Rotorgrundkörper 27 von einem ringförmigen Element 29 gebildet, wobei das ringförmige Element 29 aus einem Metallmatrix-Verbundwerkstoff gebildet ist.

So verfügt das ringförmige Element 29 des Ausführungsbeispiels der Figur 4 an axial außenliegenden Abschnitten über jeweils einen faserverstärkten Bereich 30 bzw. 31, wobei Figur 4 schematisch die zugfesten Fasern 32 zeigt, die innerhalb der faserverstärkten Bereiche 30 und 31 verlaufen. In einem axial innenliegenden Abschnitt, also zwischen den beiden Bereichen 30 und 31, verfügt das ringförmige Element 29 über einen faserfreien Abschnitt 33. In diesem faserfreien Abschnitt 33 sind die Laufschaufeln 28 mit Schaufelfüßen 34 am ringförmigen Element 29 des Rotorgrundkörpers 27 befestigt.

Wie Figur 4 entnommen werden kann, sind in den faserfreien Abschnitt 33 des ringförmigen Elements 29 in radialer Richtung verlaufende Bohrungen 35 eingebracht. Die Laufschaufeln 28 sind von einer radial innenliegenden Seite her in die Bohrungen 35 einführbar, wobei gemäß Figur 4 eine Laufschaufel 28 beginnend mit dem Schaufelblatt 36 in eine Bohrung 35 einführbar ist. Die Laufschaufel 28 wird dann soweit radial nach außen gedrückt, bis der Schaufelfuß 34 der Laufschaufel 28 an einem in die Bohrung 35 integrierten Anschlages 37 zur Anlage kommt. Der Anschlag 37 begrenzt demnach die nach außen gerichtete, radiale Verschiebbarkeit der Laufschaufeln 28 innerhalb der Bohrungen 35.

Die in die Bohrungen 35 eingeführten Laufschaufeln 36 werden in dieser Position durch einen nicht-dargestellten Sicherungsring gehalten. Der nicht-dargestellte Sicherungsring liegt am radial innenliegenden Ende der Bohrungen 35 über den gesamten Umfang des ringförmigen Elements 29 an und drückt radial nach außen, so dass die Laufschaufeln 28 starr und gasdicht mit dem ringförmigen Element 29 verbunden sind. Um die Festigkeit des ringförmigen Elements 29 zu erhöhen, können die zugfesten Fasern 32 im Bereich der Bohrungen 35 sinusförmig oder kosinusförmig um die Bohrungen 35 herumgelegt sein.

Den beiden Ausführungsbeispielen ist gemeinsam, dass als Rotorgrundkörper mindestens ein ringförmiges Element aus einem Metallmatrix-Verbundwerkstoff zum Einsatz kommt. Das oder jedes ringförmige Element des Rotorgrundkörpers verfügt über mindestens einen faserverstärkten Abschnitt bzw. Bereich sowie über mindestens einen faserfreien Bereich, wobei Schaufelfüße von Laufschaufeln in dem faserfreien Bereich des oder jeden ringförmigen Elements verlaufen. Mit einer derartigen Konstruktion kann eine deutliche Gewichtsreduzierung für Rotoren einer Turbomaschine realisiert werden. Weiterhin sind derartige Rotoren leicht herstellbar, sowie gut reparierbar.

## Patentansprüche

1. Rotor für eine Turbomaschine, insbesondere für eine Gasturbine, mit einem Rotorgrundkörper (11; 27) und mehreren über den Umfang des Rotorgrundkörpers (11; 27) verteilt abgeordneten Laufschaufeln (12; 28), dadurch gekennzeichnet, dass der Rotorgrundkörper von mindestens einem ringförmigen Element (13, 14; 29) aus einem Metallmatrix-Verbundwerkstoff gebildet ist, und dass die Laufschaufeln (12; 28) derart über Schaufelfüße (18; 34) mit dem Rotorgrundkörper (11; 27) verbunden sind, dass die Schaufelfüße in einem faserverfreien Bereich des Rotorgrundkörpers positioniert sind.
2. Rotor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Rotorgrundkörper (11) aus zwei ringförmigen Elementen (13, 14) aus einem Metallmatrix-Verbundwerkstoff (MMC-Werkstoff) gebildet ist, wobei am radial außenliegenden Ende zwischen den beiden ringförmigen Elementen (13, 14) die Laufschaufeln (12) befestigt sind.
3. Rotor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Laufschaufeln (12) mit jeweils einer Plattform (20) zwischen radial außenliegenden, umlaufenden Vorsprüngen (38) der beiden ringförmigen Elemente (13, 14) positioniert sind, wobei axiale Enden der Plattformen (20) an den umlaufenden Vorsprüngen (38) anliegen.
4. Rotor nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden ringförmigen Elemente (13; 14) jeweils mindestens einen faserverstärkten Bereich aufweisen, wobei die Schaufelfüße (18) der Laufschaufeln (12) zwischen den faserverstärkten Bereichen der beiden ringförmigen Elemente positioniert sind.
5. Rotor nach einem oder mehreren der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Schaufelfüße (18) der Laufschaufeln (12) in eine entsprechende Vertiefung bzw. Ausnehmung (19) im Bereich der ringförmigen Elemente (13, 14) eingreifen.

6. Rotor nach einem oder mehreren der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden ringförmigen Elemente (13, 14) an radial innenliegenden Abschnitten (22, 23) lösbar miteinander verbunden sind.
7. Rotor nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die radial innenliegenden Abschnitte (22, 23), an denen die beiden ringförmigen Elemente (13, 14) miteinander verbunden sind, faserfrei ausgeführt sind.
8. Rotor nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden ringförmigen Elemente (13, 14) an radial innenliegenden Abschnitten (22, 23) über Schraubverbindungen (25) miteinander verbunden sind.
9. Rotor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Rotorgrundkörper (27) aus einem ringförmigen Element (29) aus einem Metallmatrix-Verbundwerkstoff (MMC-Werkstoff) gebildet ist, wobei axial außenliegende Abschnitte (30, 31) des ringförmigen Elements (29) faserverstärkt und ein dazwischenliegender Abschnitt (33) faserfrei ausgebildet ist, und wobei die Schaufelfüße (34) der Laufschaufeln (28) im faserfreien Abschnitt (33) befestigt sind.
10. Rotor nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass in den faserfreien Abschnitt (33) des ringförmigen Elements (29) in radialer Richtung verlaufende Bohrungen (35) eingebracht sind, wobei jede Laufschaufel (28) mit einem Schaufelfuß (34) in einer Bohrung (35) verankert ist.
11. Rotor nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass jede Laufschaufel (28) von der radial innenliegende Seite her beginnend mit einem radial außenliegenden Ende eines Schaufelblatts (36) in eine entsprechende Bohrung (35) einführbar ist, bis der Schaufelfuß (34) an einem in die Bohrung (35) integrierten Anschlag (37) zur Anlage kommt.
12. Rotor nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Laufschaufeln (28) durch einen Sicherungsring in den Bohrungen (35) fixiert werden, wobei der Si-



cherungsring am radial innenliegende Ende der Bohrungen angreift und die Lauf-  
schaufeln (28) radial nach außen drückt.

### Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft einen Rotor für eine Turbomaschine, insbesondere für eine Gasturbine.

Der Rotor weist einen Rotorgrundkörper (11) und mehreren über den Umfang des Rotorgrundkörpers (11) verteilt abgeordneten Laufschaufeln (12) auf.

Erfindungsgemäß ist der Rotorgrundkörper (11) von mindestens einem ringförmigen Element (13, 14) aus einem Metallmatrix-Verbundwerkstoff gebildet, wobei die Laufschaufeln (12) derart über Schaufelfüße (18) mit dem Rotorgrundkörper (11) verbunden sind, dass die Schaufelfüße in einem faserfreien Bereich des der Rotorgrundkörpers positioniert sind.  
(Fig. 2)